

В. П. Дедков

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА И ПОЧВОГРУНТОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ КАРАКУМОВ

На основе экспериментальных наблюдений приводятся данные, дающие представления о температуре приземного слоя воздуха и почвогрунтов в зоне аэрации. Делается вывод о том, что температура почвогрунтов в Каракумах комфортна для развития древесно-кустарниковых видов.

This article offers data on the temperature of surface air and soils in the aeration zone. The author comes to the conclusion that the soil temperature in the Karakum desert is favourable for the development of tree and shrubbery species.

Ключевые слова: ландшафт, растительное сообщество, температура воздуха и почвогрунтов.

Key words: landscape, vegetation community, air and soil temperature.

Введение

В литературе сложилось мнение о том, что развитие биоты в песчаной пустыне лимитируется не только недостатком атмосферной и почвенной влаги, но и высокими температурами воздуха и почвогрунтов. Вместе с



тем по вопросам температурного режима на указанной территории существует довольно ограниченный объем фактического материала, полученный главным образом путем наблюдений на метеорологических станциях. Эти важные для понимания природы пустынь данные создали представление о фоне экологических условий, в которых развиваются растения, обитают животные и человек. Однако метеорологические станции в пустыне обустраиваются на открытых участках, где нет древесно-кустарниковой и травянистой растительности, а температура воздуха измеряется в метеорологической будке на высоте 2 м; почвенные термометры фиксируют температуру с поверхности до глубины 3,2 м.

В то же время жизнь живых организмов и развитие растений проходят в средах, условия которых заметно отличаются от характерных для метеостанций. Поэтому для понимания многих биологических процессов и механизмов адаптации живых систем к условиям пустыни необходимо изучение температуры непосредственно в среде обитания самих растений и животных. Так, например, в песчаной пустыне Каракумы высота песчаной акации в барханных песках может достигать 5–7 м. Глубина проникания корней у белого и черного саксаула в долинообразных понижениях — 8–10 м. Особые температурные условия формируются в припочвенном слое воздуха и поверхностной толще почвогрунтов, где развиваются эфемеры и эфемероиды, у которых высота надземных органов и глубина проникания корней ограничиваются несколькими десятками сантиметров над поверхностью почвы и вглубь. Поэтому данные о температуре воздуха и почвогрунтов, полученные метеорологическими станциями, зачастую оказываются малопригодными для решения конкретных теоретических и прикладных вопросов.

Некоторые сведения, касающиеся температуры песка до глубины 3,2 м и воздуха на высоте 2 м и полученные в Каракумах в 20–30 гг. XX столетия, можно найти в работах Б.П. Орлова [3], М.П. Петрова [4]. Наблюдения проводились на гряде в подвижных барханных песках либо обобщали данные метеорологической станции в Репетекте. Синхронные наблюдения за температурой воздуха и почвогрунтов на всю радиальную толщу в растительных сообществах песчаной пустыни, никогда не организовывались.

Цель, объекты и методы исследования

С учетом сказанного выше мы провели работы по изучению температуры воздуха и почвогрунтов в растительных сообществах Репетекского биосферного заповедника в Каракумах, где отсутствует хозяйственная деятельность и есть возможность выявить ход естественных процессов. Данный заповедник расположен в пределах ландшафта крупногрядовых песков с барханными полями и долинообразными понижениями [1]. Этот ландшафт занимает центральную часть Восточных Каракумов и среди других в регионе отличается наиболее сложным строением; примечательная его черта — наличие крупных гряд и долинообразных понижений. Гряды протяженностью от 2 до 10 км достигают 15–20 м в высоту, имеют ассиметричное строение: западные склоны крутые, восточные пологие, постепенно переходящие в межгрядовые долинообразные понижения. Вершины гряд обарханены. В растительном покрове преобладают бело-



саксаульники (*Haloxylon persicum* – *Stipagrostis pennata* – *Anisantha tectorum*). Восточные пологие склоны заняты барханными песками высотой до 5–10 м; здесь произрастают сюзеново-кандымники (*Ammodendron conolly* + *Calligonum arborescens* – *Stipagrostis karelinii*). Вблизи крутых западных склонов гряд узкими лентами простираются черносаксаульники (*Haloxylon aphyllum* – *Suaeda arcuata* + *Kochia odontoptera*; *Haloxylon aphyllum* – *Carex physodes* – *Tortula desertorum*). К западу от черносаксаульников появляются белосаксаульники (*Haloxylon persicum* – *Carex physodes* – *Tortula desertorum*).

Термометрические измерения в деятельном слое включали определение температуры поверхности и верхнего горизонта почвогрунтов на глубинах 5, 10, 15, 20 см по максимальным, минимальным, срочным и савиновским термометрам, а на глубинах 40, 60, 80, 120, 160, 200, 320 см – по выгяжным термометрам и почвенным электротермометрам. В сюзеново-кандымниках комплекс наблюдений за температурой песка проводился в межбарханных понижениях; в бугристых песках с белосаксаульниками и долинообразных понижениях с черносаксаульниками под илаковым (осоковым) и мохово-илаковым покровом на межкроновых пространствах – на тех же глубинах, что и в барханных песках. Температура грунтовой воды измерялась в специально оборудованных для этой цели скважинах в черно- и белосаксаульниках на глубине 8–10 м. Температуру воздуха в межбарханных понижениях и на межкроновых пространствах измеряли на семи уровнях (0,05; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 5 м). Наблюдения проводились через каждые два часа круглосуточно, в сезонной и многолетней динамике. Всего за период наблюдений было выполнено более 10 тыс. измерений. Подробнее методика исследований описана в работе [2].

Результаты и обсуждение

Измерения температуры воздуха и почвогрунтов в растительных сообществах песчаной пустыни Каракумы показали, что наряду с общими чертами в распределении температур есть и существенные различия. Так, например, с 20 ч вечера до 8 ч утра при отрицательном длинноволновом радиационном балансе или сразу после перехода его значений через ноль характер изотерм был достаточно близким во всех растительных сообществах. Однако количественные значения температур различались.

Зимой в ночные и утренние часы самая низкая температура на поверхности почвы и воздуха на высоте до 0,5 м от нее наблюдалась в бело- и черносаксаульниках, где в 6–8 часов утра она достигала -19 – -20 °С. В сюзеново-кандымниках минимальные значения температуры на поверхности почвы и в слое воздуха до 0,5 м выше, чем в черно- и белосаксаульниках, на 4 – 5 °С (-15 – -16 °С). На высоте от 0,5 до 5 м воздух в сюзеново-кандымниках на 4 – 5 °С теплее, чем в черном саксаульнике; однако разница с белосаксаульниками не более 1 °С.

От поверхности вглубь температура песчаной толщи во всех сообществах возрастает и на уровне грунтовых вод составляет $21,2$ – $22,5$ °С, что превышает температуру поверхности почвы и приземного слоя воздуха (до 5 м) на 35 – 40 °С. В это время градиент температуры направлен от грунтовых вод к поверхности. Глубина промерзания песчаной толщи зимой не превышала 0,25 м в сюзеново-кандымниках и 0,4 и 0,3 м в бело- и черносаксаульниках.



В ночные часы вблизи поверхности почвы в результате сильного радиационного излучения во всех растительных сообществах формировался слой холодного воздуха, температура которого была значительно ниже, чем в слоях, расположенных над и под ним. Так, в белосаксаульниках слой холодного воздуха начинал формироваться в вечернее (с 20 ч) время и располагался на высоте от нескольких сантиметров до 1 м. Температура воздуха в данном слое на 5–7 °С ниже по сравнению с воздушными массами над и под ним. Ночью слой воздуха с пониженной температурой увеличивался в высоту и к 8 ч утра достигал более 2,5 м. В это время температура воздушной массы понижалась до -20,3 °С.

Сходным было распределение температур в черносаксаульниках, однако радиальная мощность слоя охлажденного воздуха по сравнению с белосаксаульниками в 20 ч вечера больше — 2 м. В указанное время температура воздуха в черносаксаульниках была равна или на несколько градусов ниже, чем в белосаксаульниках. В утренние часы слой охлажденного воздуха в черносаксаульниках с температурой в диапазоне -15 — -20 °С возрастал до 5 м. Самая низкая температура воздуха -20,3 °С — в черносаксаульниках, так же как и в белосаксаульниках, фиксировалась в приземном слое 5–10 см.

В данное время в сюзеново-кандымниках на барханных песках температура поверхности и приземного слоя воздуха выше, чем в черно- и белосаксаульниках. Различия в 6–8 ч утра достигали 2–5 °С. Большую часть вечернего и ночного времени температура воздуха в 5-метровой толще в сюзеново-кандымниках не опускалась менее -15 °С; температура в бело- и черносаксаульниках была ниже -20 °С. В сюзеново-кандымниках температура воздуха менее -15 °С наблюдалась только в 6 ч утра в приземном слое воздуха немногим выше 1 м; к 8 ч утра слой увеличивался до 5 м. Однако и в данное время температура не превышала -15,8 °С, и это соответственно на 4 и 5 °С выше, чем в бело- и черносаксаульниках.

Следовательно, зимой в период с 20 ч вечера до 8 ч утра самая высокая температура в приземном 5-метровом слое воздуха в сюзеново-кандымниках на барханных песках. В белосаксаульниках на бугристых песках и в черносаксаульниках по долинообразным понижениям температура воздуха ниже, чем в сюзеново-кандымниках. Установить разницу в температуре между бело- и черносаксаульниками довольно трудно. И тем не менее если судить по продолжительности и мощности приземного слоя воздуха с отрицательной температурой, то, безусловно, черносаксаульники оказываются более холодными, чем белосаксаульники.

Летом во всех растительных сообществах начиная с 20 ч вечера и до 8 ч утра наиболее сильно выхолаживается приземный слой воздуха (до 5 и более м) и поверхностная толща (до глубины 5 — 7 см) почвогрунтов. В этот сезон года температура приземного воздуха (0–5 м) максимально высока в сюзеново-кандымниках на барханных песках, низка в черносаксаульниках. Белосаксаульники по значениям температуры в приземном слое воздуха занимали по сравнению с выше названными сообществами промежуточное положение. Наиболее велики различия в температуре воздуха между сообществами на высотах 0,05 и 5 м. Анализ распределения изотерм в 5-метровом слое воздуха показал, что в сюзеново-кандымниках с конца мая до начала августа воздушная масса с



температурой более 25 °С формировалась с 2 ч ночи с высоты 0,05 м и поднималась вверх до 5 м и выше. В белосаксаульниках воздушный слой, ограниченный изотермой 25 °С, фиксировался с высоты 1 м и наблюдался с 20-х чисел июня до начала июля. В черносаксаульниках слой воздуха с температурой более 25 °С формировался в то же время, что и в белосаксаульниках, но с высоты от 0,6 м и наблюдался лишь в течение нескольких дней в конце июня — начале июля.

Значительно шире в приземном слое воздуха сюзеново-кандымников был временной интервал изотерм 20 и 15 °С. Изотерма менее 10 °С вообще не отмечалась. Временной диапазон изотерм 15 и 20 °С в белосаксаульниках меньше, чем в сюзеново-кандымниках, и здесь с конца августа до начала сентября температура воздуха и поверхностного слоя почвы опускалась ниже 10 °С. Причем в сентябре температура воздуха в 2 ч ночи в белосаксаульниках была даже несколько ниже, чем в черносаксаульниках, где изотерма с температурами менее 10 °С наблюдалась от 3 м к поверхности почвы.

Следовательно, в ночное время летом наиболее прогретая воздушная масса формировалась над поверхностью барханных песков. Долинообразные понижения с бело- и черносаксаульниками в ночное время остывали значительно сильнее, чем барханные пески, за счет радиационного выхолаживания подстилающей поверхности, покрытой травянистой и древесно-кустарниковой растительностью.

Исключительно контрастной по значениям температур в вечерние, ночные и ранние утренние часы в период с апреля по сентябрь оказывалась поверхностная (0–15 см) толща почвогрунтов. Вечером (18 ч) в сюзеново-кандымниках температура на глубине 5 см была выше на 2–9 °С, чем на поверхности почвы, и на 13–17 °С, чем в приземном слое воздуха до 5 м. Ночью температура в поверхностном слое песка (5–15 см) была на 10–12 °С выше, чем на поверхности почвы и в приземном слое воздуха до 5 м. В толще песка на глубине от 0,15 до 1 м и более формировался слой высокой температуры, ограниченный изотермой 30 °С. На глубине более 1 м температура песка на 5–10 °С ниже, чем в этой песчаной толще.

В белосаксаульниках с 18 ч вечера температура на глубине 5 см больше на 8 °С, чем на поверхности почвы, и на 10–15 °С, чем на глубине 10–20 см. Разница с температурой воздуха на высоте до 5 м составляла 10–12 °С. Температура почвогрунтов на глубине от 0,2 м и до грунтовых вод на глубине 8–10 м ниже на 15–30 °С, чем в поверхностной толще песка. В ночные часы (с 24 до 4 ч) температура почвы на глубине 5–15 см на 5–10 °С выше, чем на поверхности почвы, и на 14 °С выше, чем в приземном 5-метровом слое воздуха. В толще песка начиная с 0,9 м и до грунтовой воды на глубине 8–10 м в это время температура на 5–15 °С ниже, чем в песчаной толще на глубине 5–90 см от поверхности почвы.

С 18 ч в черносаксаульниках, так же как и в остальных сообществах, поверхность почвы начинает остывать, и в данное время ее температура на 1,5–2,5 °С ниже, чем на глубине 5 см, где она может достигать 50–52 °С. В ночные часы эти различия возрастали до 25–27 °С. На глубине от 0,2 до 3,2 м температура песка на 17–30 °С меньше, чем в верхней толще 5 см. Температура приземного слоя (0,5–5 м), как и температура поверхности почвы, на 14 °С ниже, чем на глубине 5 см. В ночные



часы разница с температурой в приземном слое воздуха может достигать 10–15 °С; с нижними слоями почвы и грунтовой воды – 5–10 °С.

В 20 ч вечера самая высокая температура в песчаной толще 5 см в черносаксаульниках – 45,8 °С. В сюзеново-кандымниках и белосаксаульниках она на 2–3 °С меньше. Изотерма 40 °С к низу распространялась до 12–15 см, а изотерма 35 °С – до глубины 20–22 см. Ближе к полуночи (22 ч) более быстрыми темпами выхолаживалась песчаная толща в сюзеново-кандымниках и белосаксаульниках, где в это время температура на глубине от 5 до 20 см упала до 36–39 °С. В черносаксаульниках падение температуры почвогрунтов на данной глубине было более медленным. На глубине от 7 до 12 см в черносаксаульниках песчаная толща оконтуривалась изотермой 40 °С. Ниже ее значения приближались к таковым в белосаксаульниках и сюзеново-кандымниках. Начиная с 2 ч ночи изотерма, равная 35 °С, в белосаксаульниках отсутствовала до утра. В черносаксаульниках она фиксировалась на глубине от 8 до 22 см и достигала 37 °С. В сюзеново-кандымниках на глубине от 12 до 25 см температура не превышала 35,5 °С. Ближе к утру изотерма 35 °С сохранялась только в черносаксаульниках, где на глубине от 5 до 20 см температура достигала 36,6 °С. В сюзеново-кандымниках на глубине от 5 до 110 см и белосаксаульниках (5–90 см) температура почвогрунтов не превышала 34,6 и 33 °С соответственно. В 6 ч утра температура в черносаксаульниках на глубине от 7 до 110 см несколько снизилась, но была на 1–3 °С выше, чем в белосаксаульниках и сюзеново-кандымниках. Обращает на себя внимание то, что в летний период температура грунтовой воды в ночные часы составляла 22,2 – 22,4 °С. Температура в толще песка на глубине от 3,2 м до капиллярной каймы на глубине 8–10 м была равна или даже несколько ниже, чем на уровне грунтовых вод.

В связи с указанным тепловая волна летом в ночные часы имела два противотока: первый – от верхней толщи песка с повышенной температурой на глубине от нескольких до 120 см в сторону грунтовых вод; второй – от грунтовой воды вверх.

Обращает на себя внимание то, что в период вегетации растений начиная с 22 ч вечера и до 6 ч утра во всех растительных сообществах на глубине от нескольких см до глубины 4 м и более формировался слой песка с температурой более 25 °С. Причем она была выше, чем в песке над и под ним. Примечательно, что глубина песчаной толщи, на которую распространялась изотерма с температурой выше 25 °С, была более 3–4 м. В сюзеново-кандымниках изотерма 25 °С фиксировалась с глубины 2–3 см и распространялась до 4 м вглубь с конца апреля до сентября. Здесь температура песка выше на 12–16 °С, чем на поверхности, и на 4–6 °С, чем на глубине более 3–4 м. Изотерма 30 °С фиксировалась с глубины 5 до 110 см с начала мая до начала сентября. В этой толще песка температура была на выше 10–14 °С, чем на поверхности почвы, и на 4–10 °С, чем на глубине более 3 м. В белосаксаульниках изотерма 25 °С распространялась с глубины 3 см до 3 м в период с мая до октября с температурой на 10–20 °С выше, чем на поверхности, и на 5–7 °С выше, чем на глубине более 3 м. Изотерма 30 °С наблюдалась с глубины 5 см до 1 м в период с 20-х чисел мая до конца июля, и здесь



температура песка выше по сравнению с поверхностью почвы и температурой песка на глубине более 1 м.

В черносакаульниках изотерма 25 °С начиналась с глубины 2–3 см и распространялась до 2,5 м с начала апреля до октября. Здесь температура выше на 13–20 °С, чем на поверхности почвы, и на 5–6 °С, чем на глубине более 2,5 м. Изотерма 30 °С фиксировалась с глубины 5 см до 0,8 м. И эта температура больше на 25 °С, чем на поверхности почвы, и на 13–15 °С, чем на глубине более 1 м. В отличие от сюзеново-кандымников и белосаксаульников в черносакаульниках на глубине от 7 до 20 см ночью формировался слой песка, оконтуренный изотермой 35 °С; здесь температура больше на 25 °С, чем на поверхности почвы, и на 27 °С, чем на глубине более 3 м.

Днем в летний период при положительной величине длинноволнового радиационного баланса наиболее высокая температура фиксировалась на поверхности почвы. Выше и ниже дневной поверхности температура воздуха и почвогрунтов уменьшалась. Максимальная температура почвы регистрировалась в 14 ч под илаковым покровом в июне, июле, августе в черносакаульниках, где она составляла соответственно 71,4; 67,7; 59,5 °С. Температура на поверхности песка под илаком в белосаксаульниках была на 1–6 °С ниже. Разница в ней между черносакаульниками и сюзеново-кандымниками — 3–4 °С. Заметных различий в температуре песка между белосаксаульниками и сюзеново-кандымниками не обнаруживалось. Сходная ситуация в распределении температуры почвогрунтов наблюдалась ниже дневной поверхности. В 16 ч на глубине 5 см температура в черносакаульниках была почти на 4 °С выше, чем в белосаксаульниках и сюзеново-кандымниках. Ниже, до глубины 10 см, различия были не более 2 °С, или они отсутствовали вообще.

По сравнению с белосаксаульниками и сюзеново-кандымниками воздушная масса в приземном слое воздуха в черносакаульниках прогревалась сильнее. С начала апреля изотерма 35 °С фиксировалась до 2 м, в конце сентября она наблюдалась вблизи поверхности почвы. Во второй половине мая до конца июня температура воздуха в диапазоне от 35 до 40 °С распространялась на высоту более 5 м. По сравнению с черносакаульниками в белосаксаульниках температура воздуха более 35 °С была менее продолжительной и наблюдалась в основном на высоте до 1,5 м. Вверх от поверхности земли слой с температурой более 35 °С регистрировался с середины мая до конца июля. Менее обширной в белосаксаульниках была воздушная масса с температурой 40 °С на высоте до 1,3 м. Температура в приземном слое в сюзеново-кандымниках была ниже, чем в черно- и белосаксаульниках, и изотерма 35 °С наблюдалась с середины мая до конца августа. Температура более 40 °С была непродолжительной и фиксировалась только в конце июня в течение нескольких дней до высоты 2 м и более 4 м.

С глубиной температура почвогрунтов заметно уменьшалась. Ее значения в летний период в сюзеново-кандымниках и белосаксаульниках с середины мая до конца августа на глубине до 1 м и в черносакаульниках — до 0,8 м составляли немногим более 30 °С. Температура песка, ограниченная изотермой 25 °С, наблюдалась со второй половины марта на глубине от нескольких см до глубины 1 м в черно- и бело-



саксаульниках, и к осени эта изотерма достигала 2 м глубины, в сюзеново-кандымниках — более 3 м. Ниже температура песка была заключена в диапазоне от 20 до 25 °С.

В зимний период в дневные часы изотерма, равная 10 °С, распространялась до глубины 110–120 см, к низу ее значения — от 15 до 20 °С.

Температура грунтовой воды в растительных сообществах на глубине от 8 до 10 м в годовом цикле была практически постоянной и варьировала от 21,3 до 22,4 °С. При этом минимальные значения, равные 21,3 °С, наблюдались в зимний период. К лету температура увеличивалась примерно на 1 °С и достигала 22,4 °С. В целом в летний период температура в песчаной толще на глубине от 1 м до уровня грунтовых вод на 25–50 °С ниже, чем на поверхности почвы.

Заключение

Проведенное исследование показало, что температура приземного слоя воздуха и почвогрунтов в зоне аэрации в растительных сообществах пустыни неоднородна. Различия в температуре достаточно отчетливо проявляются между растительными сообществами как в суточной, так и в сезонной динамике, наиболее сильно — в зимний и летний периоды в припочвенном слое воздуха и поверхностной толще почвогрунтов.

Так, в ночные часы зимой наиболее низкие температуры (–20,3 °С) наблюдались не на поверхности почвы, а на высоте от 0,05 до 2,5–3 м. Здесь воздушная масса на 5–7 °С холоднее, чем поверхности почвы и на высоте более 3 м. К утренним часам слой охлажденного воздуха кверху увеличивался до 5 м и более. При этом температура приземного слоя воздуха максимальна в сюзеново-кандымниках на барханных песках. В черно- и белосаксаульниках температура приземного слоя воздуха ниже. Сходным образом выглядело распределение температур между растительными сообществами и в дневные часы зимнего периода.

Летом в ночное время, так же как и зимой, наиболее теплая воздушная масса формируется над поверхностью барханных песков. В долинообразных понижениях с черными и белыми саксаульниками воздух в ночные часы охлаждается значительно сильнее. Максимально велики различия в температуре воздуха непосредственно вблизи поверхности почвы или на высоте 5 м, а также в поверхностной (до 15–20 см) толще почвогрунтов.

В дневные часы летом самые высокие дневные температуры воздуха и поверхностной толщи почвогрунтов — на межкروновых пространствах в черносаксаульниках, низкие — в сюзеново-кандымниках на барханных песках. Межкроновые пространства в белосаксаульниках по значениям температуры занимают промежуточное положение между двумя названными выше сообществами.

Нами установлено, что в песчаной пустыне Каракумы в период с апреля по октябрь начиная с 20 ч вечера до 8 ч утра в песчаной толще на глубине от 5–10 см от поверхности почвы до глубины 0,8–1,2 м температура песка значительно превышает таковую над и под этой то-



щей. В отдельные часы ночного времени различия могут достигать нескольких десятков градусов. Мы предполагаем, что наличие этого явления в песчаной пустыне влияет на конденсацию водяного пара в толще песка на глубине от 2 до 4 м. Возможно, что формирование слоя песка с более высокой температурой на глубине от 0,05 до 1,2 м обусловлено воздействием растительного покрова, который усиливает контрасты температуры, как в приземном слое воздуха, так и в песчаной толще. Обращает на себя внимание и то, что температура песчаной толщи и грунтовой воды, в которой развиваются корни древесно-кустарниковых растений, достаточно постоянна, и она на 30–50 °С ниже температуры поверхности почвы. Следует подчеркнуть, что температура в диапазоне от 20 до 30 °С комфортна для всасывающей деятельности корней. Может быть, именно поэтому деревья и кустарники в песчаной пустыне не испытывают затруднений в снабжении водой.

123

Нам представляется, что в литературе мнение о температуре как лимитирующем факторе развития живых организмов формировалось на отрывочных измерениях, которые не в полной мере отражают реальные условия развития длительно-вегетирующих деревьев и кустарников. Высокие температуры характерны лишь для приземного слоя воздуха и поверхностной толщи почвогрунтов, где в основном и сосредоточены надземные и подземные органы эфемеров и эфемероидов. В то же время корни длительно вегетирующих древесно-кустарниковых растений находятся на очень больших глубинах, где существуют более комфортные тепловые условия.

Список литературы

1. Гунин П.Д., Дарымов В.Я., Вейисов С. Ландшафтная характеристика Репетекского заповедника // Опыт изучения и освоения Восточных Каракумов. Ашхабад, 1972. С. 12–22.
2. Дедков В.П. Экологическая ниша и водный баланс доминантов пустынных фитоценозов. Л., 1989.
3. Орлов Б.П. К изучению экологических условий в юго-восточной части Закаспийских Каракумов // Труды по прикл. ботан., генетике и селекции. 1928. №6. С. 145–153.
4. Петров М.П. Температурный режим песков пустыни Каракум и динамика растительности // Вестник ЛГУ. Сер. геол. и геогр. 1965. Вып. 4, №24. С. 89–98.

Об авторе

Виктор Павлович Дедков — д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта.
E-mail: VDedkov@kantiana.ru

About author

Prof. Victor Dedkov, I. Kant Baltic Federal University.
E-mail: VDedkov@albertina.ru